

Pemantauan dan Pengendalian Kelembapan, Suhu, dan Intensitas Cahaya Tanaman Tomat dengan Logika Fuzzy Berbasis IoT

Sumantri K Risandriya*, Rifqi Amalya Fatekha, dan Sandy Aji Fitriansyah

Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

*Email: sumantri@polibatam.ac.id

Abstract—Pengendalian dan pemantauan kelembapan, suhu dan intensitas cahaya saat ini masih menggunakan cara yang manual yaitu dengan penyiraman atau penggunaan rumah kaca. Namun, karena kesibukan ditempat kerja dan terbatasnya waktu menyebabkan pengendalian kondisi tanaman tomat sering tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman dan mengakibatkan tanaman mati. Penelitian ini menggunakan kontrol otomatis dari logika Fuzzy dan *Internet of Things* (IoT) sebagai dasar pemantauan kondisi tanaman tomat dengan tugas menggantikan perawatan manual. Sensor DHT22, FC-28 dan *Light Dependent Resistor* (LDR) digunakan sebagai pendeteksi kelembapan tanah, suhu, intensitas cahaya, dan kelembapan udara, serta parameter *input* sebagai kontrol Fuzzy yang otomatis, serta aktuatur penyiraman pompa air DC 12V dan motor *power window* sebagai pengendali kelembapan udara. Hasil pada penelitian ini memiliki tingkat keberhasilan 98.38% dalam proses kerjanya.

Kata kunci: Logika Fuzzy, tanaman tomat, monitoring, IoT, kelembapan, suhu, intensitas cahaya

I. PENDAHULUAN

TANAMAN tomat (*Lycopersion esculentum Miil*) merupakan adalah salah satu tanaman yang pertumbuhannya perlu dikendalikan. Menurut Balai Besar Pelatihan Pertanian (BBPP) Lembang, kondisi yang sesuai untuk tanaman tomat adalah 24°-28°C untuk temperature dan 80% untuk kelembapan. Sedangkan intensitas cahaya berfungsi sebagai media fotosintesis yang dibutuhkan oleh setiap tanaman. Namun, untuk mengurangi dan mempermudah pekerjaan manusia dalam memantau dan mengatur kondisi lingkungan, maka diperlukan sebuah kontrol otomatis dan pengawasan dari jarak jauh.

Dengan latar belakang permasalahan tersebut, penulis membuat sebuah sistem yang dapat mengatur kondisi lingkungan yang sesuai dengan tanaman serta dapat diawasi dari jarak jauh. Pengaturan kelembapan, suhu, dan intensitas cahaya diatur dengan metode logika Fuzzy, sedangkan pengawasan jarak jauh menggunakan *Internet of Things* (IoT), yang diharapkan mampu menyelesaikan, mengurangi dan mempermudah pekerjaan bagi para petani tomat.

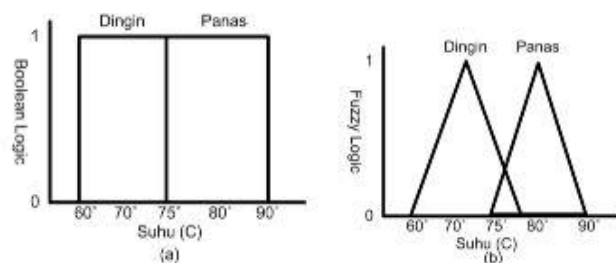
II. TEORI

A. Tanaman Tomat

Tomat merupakan sayuran buah yang tergolong tanaman semusim berbentuk perdu dan termasuk ke dalam famili *Solanacea* [1]. Temperatur ideal dan berpengaruh baik terhadap warna buah tomat adalah antara 24°C - 28°C yang umumnya merah merata. Keadaan temperatur dan kelembapan yang tinggi berpengaruh kurang baik terhadap pertumbuhan, produksi dan kualitas buah tomat. Kelembapan yang relatif diperlukan untuk tanaman tomat adalah 80% [2].

B. Logika Fuzzy

Logika Fuzzy merupakan sebuah sistem yang dikembangkan dari sistem Boolean klasik dimana input dan output yang dihasilkan memiliki pilihan keanggotaan yang semakin banyak mulai dari 0 dan 1 [3]. Sistem Fuzzy mirip dengan konsep berfikir manusia yang dirubah ke dalam bentuk matematis, sehingga pengaturan dan pengendaliannya dipengaruhi oleh informasi dari pengalaman yang ada di dunia nyata. Perbedaan logika Boolean dengan logika Fuzzy dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Logika Boolean dan logika Fuzzy

Hal-hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem kontrol Fuzzy adalah sebagai berikut:

1) Fuzifikasi

Fuzifikasi merupakan sebuah proses mengubah nilai input berbentuk tegas (*crisp*) menjadi input berbentuk Fuzzy (variabel linguistik) [4]. Nilai input Fuzzy ditampilkan dalam bentuk himpunan Fuzzy dengan fungsi

keanggotaannya masing-masing sesuai dengan intuisi manusia [5].

2) Evaluasi Aturan

Evaluasi aturan merupakan sebuah proses untuk mengambil keputusan berupa variabel Fuzzy *output* (penyelesaian), yaitu himpunan-himpunan *output* Fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang ditetapkan berdasarkan metode yang digunakan. Kondisi-kondisi yang dibandingkan berdasarkan basis aturan yang telah dibuat serta penalaran dari penciptanya.

3) Defuzifikasi

Defuzifikasi merupakan sebuah proses yang berlawanan dengan proses Fuzifikasi. Dimana proses ini mengubah himpunan Fuzzy (variabel linguistik) menjadi himpunan dengan bentuk tegas (*crisp*). Metode defuzifikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Center of Area* (COA). Metode ini menggunakan titik pusat(z^*) daerah Fuzzy untuk memperoleh solusi *crisp*. Secara umum dirumuskan pada persamaan (1) [5], di mana z^* adalah titik pusat daerah *output* Fuzzy, $\mu(z_i)$ adalah nilai perbandingan *min* keanggotaan Fuzzy, dan z_i adalah nilai keanggotaan *output* Fuzzy.

$$z^* = \frac{\sum \mu(z_i) \cdot z_i}{\sum \mu(z_i)} \quad (1)$$

C. Himpunan Fuzzy

Himpunan Fuzzy merupakan pengelompokan suatu nilai berdasarkan variabel bahasa yang dinyatakan dalam fungsi keanggotaan. Contoh dari himpunan variabel bahasa misalnya himpunan Fuzzy suhu yang terdiri atas 5 bagian keanggotaan, yaitu dingin, sejuk, normal, hangat, dan panas.

D. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (membership function) merupakan sebuah kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki rentang nilai 0 hingga 1. Cara untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah memanfaatkan pendekatan fungsi. Macam-macam fungsi yang dapat digunakan adalah sebagai berikut [6]:

- Representasi linear
- Representasi kurva segitiga
- Representasi kurva trapesium
- Representasi kurva bentuk bahu

E. Internet of Things(IoT)

IoT adalah teknologi yang memungkinkan sebuah perangkat terhubung ke jaringan internet untuk dimonitor atau dikendalikan dari jarak jauh oleh pengguna. Teknologi ini berfungsi untuk memonitor atau mengontrol suatu kondisi atau sesuatu yang dianggap penting dengan menggunakan sensor, seperti suhu udara, kelembapan, kebocoran air, atau kebakaran yang terjadi dalam ruangan atau rumah [7].

Salah satu contoh media yang digunakan untuk monitoring adalah *website*. *Website* adalah keseluruhan halaman-halaman *web* yang terdapat dalam sebuah domain yang mengandung

informasi [8]. Berikut adalah elemen-elemen yang membangun sebuah *website* [9]:

1) Hypertext Markup Language (HTML)

HTML merupakan suatu script yang bisa menampilkan informasi dan daya kreasi kita melalui internet.

2) PHP Hypertext Processor (PHP)

PHP digunakan sebagai bahasa *script server-side* dalam pengembangan *web* yang disisipkan pada dokumen HTML.

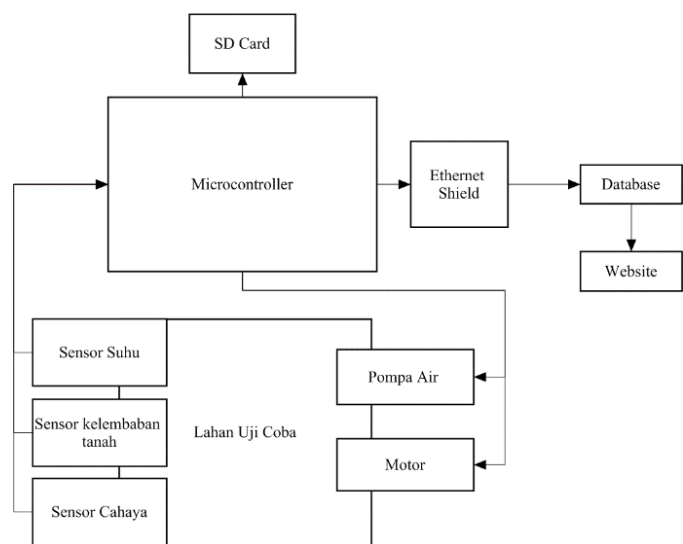
3) MySQL

MySQL adalah sebuah program penghasil *database* yang dapat berjalan dengan sebuah aplikasi pengguna (*interface*). Aplikasi tersebut berfungsi untuk mengakses *database* yang dihasilkan oleh MySQL. MySQL juga menggunakan SQL sebagai bahasa dasar untuk mengakses *database*-nya sehingga mudah digunakan.

III. PERANCANGAN SYSTEM

A. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras yang digunakan dalam membangun sistem ini terdiri atas rancangan elektrikal dan rancangan mekanikal. Untuk perancangan elektrikal, mikrokontroler berfungsi melakukan pengolahan data dari keseluruhan sistem yaitu berupa sensor dengan aktuator berupa motor DC 12 V dan Pompa Air 12 V. Sedangkan komponen pendukung untuk melakukan monitor adalah SD *card* berfungsi sebagai media penyimpan ketika data terputus dan *ethernet shield* sebagai media komunikasi dengan internet. Perhatikan Gambar 2.



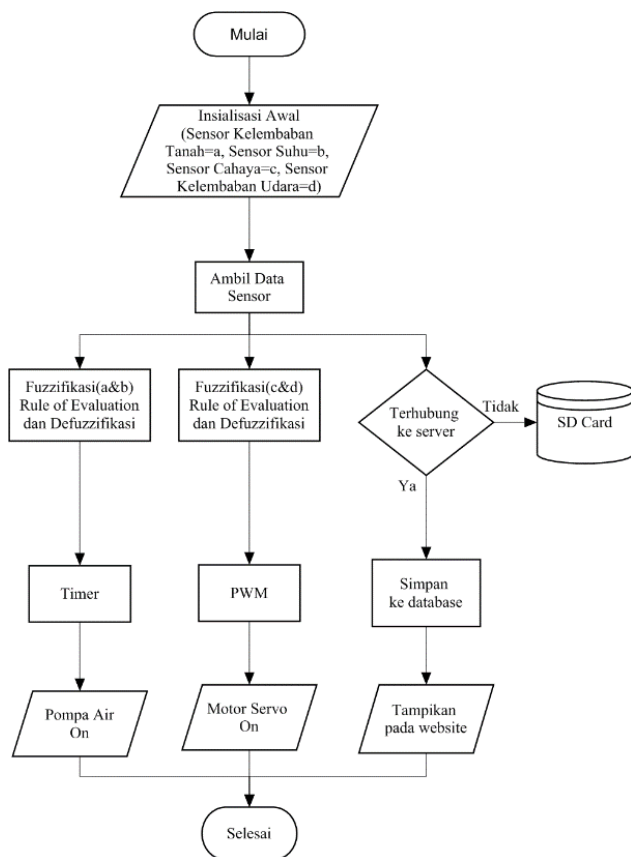
Gambar 2. Diagram Blok Rangkaian elektrikal

B. Perancangan Mekanik

Alat yang dibuat berbentuk kubus dengan 3 buah atap yang dihubungkan dengan rantai pada salah satu sisi yang bertujuan melakukan pergerakan secara serentak, serta *sprinkler* tanaman yang terletak ditengah agar penyemprotan dapat berjalan maksimal (Gambar 3).



Gambar 3. Desain mekanik



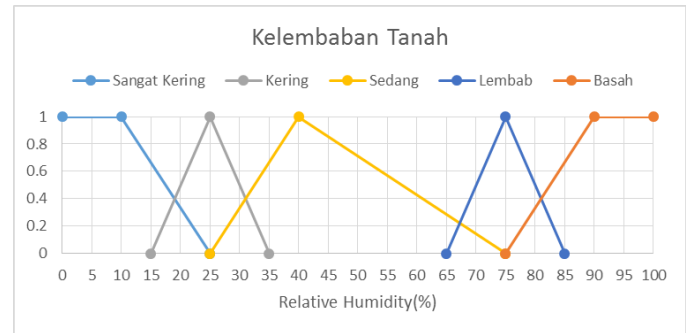
Gambar 4. Diagram blok pemrograman

C. Perancangan Perangkat Lunak

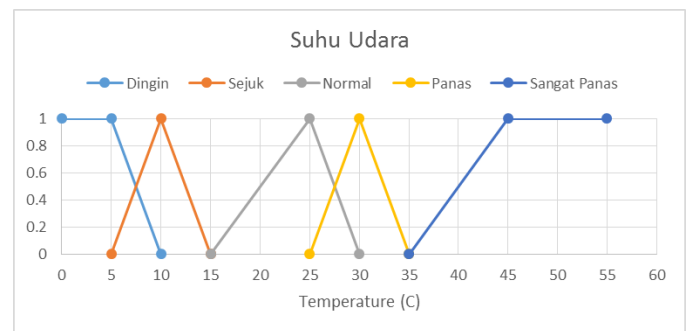
Alur pemrograman yang dibuat dijelaskan pada Gambar 4. Inisialisasi awal pada masing-masing sensor kemudian difungsikan sebagai pengambil data *input* dan diteruskan ke proses Fuzzy dan menuju pemeriksaan koneksi *server*. Kemudian, masing-masing Fuzzy akan memberikan nilai *timer* dan nilai *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk pompa air dan motor pembuka. Selain itu, dalam pemeriksaan kondisi *server* akan terdapat pilihan apabila koneksi gagal dan koneksi berhasil. Jika gagal, maka akan tersimpan pada SD card dan disimpan ke database. Jika koneksi berhasil, maka akan diteruskan ke *website*.

D. Perancangan Sistem Fuzzy

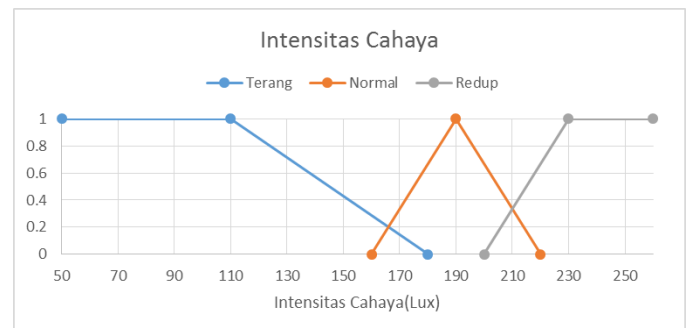
Pembuatan logika Fuzzy melalui beberapa proses yaitu: Fuzifikasi dengan masing-masing parameter (Gambar 5-10) dan evaluasi aturan (Tabel I dan II). Nilai keanggotaan kelembapan tanah, intensitas cahaya, kelembapan udara, durasi penyiraman, dan luas pembukaan atap didasarkan pada intuisi penulis sesuai dengan kondisi lingkungan. Nilai keanggotaan kelembapan suhu udara didasarkan pada referensi ahli tanaman tomat [2].



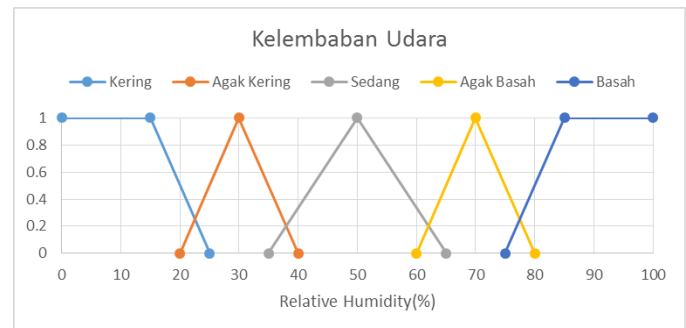
Gambar 5. Keanggotaan kelembapan tanah



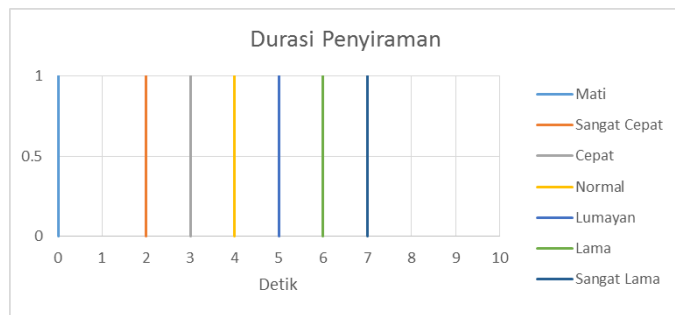
Gambar 6. Keanggotaan suhu udara



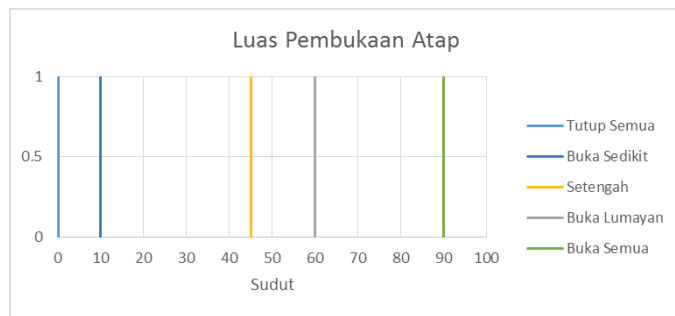
Gambar 7. Keanggotaan intensitas cahaya



Gambar 8. Keanggotaan kelembapan udara



Gambar 9. Keanggotaan durasi penyiraman



Gambar 10. Keanggotaan luas pembukaan atap

TABEL I
ATURAN SUHU UDARA DAN KELEMBAPAN TANAH

Kondisi Lingkungan	Kelembapan Udara				
	Kering	Agak Kering	Sedang	Agak Basah	Basah
Cahaya	Redup	Buka Semua (90°)	Buka Semua (90°)	Lumayan (60°)	Setengah (45°)
	Normal	Sedikit (10°)	Lumayan (60°)	Setengah (45°)	Sedikit (10°)
	Terang	Tutup Semua (0°)	Tutup Semua (0°)	Sedikit (10°)	Buka Semua (90°)

TABEL II
EVALUASI ATURAN KELEMBAPAN UDARA DAN INTENSITAS CAHAYA

Kondisi Lingkungan		Suhu Udara				
		Sangat panas	Panas	Normal	Sejuk	Dingin
Kelembapan Tanah	Sangat Kering	Sangat Lama(7s)	Lama (6s)	Lumayan (5s)	Lumayan (5s)	Normal (4s)
	Kering	Lama(6s)	Lumayan (5s)	Normal (4s)	Cepat (3s)	Cepat (3s)
	Sedang	Lumayan (5s)	Normal (4s)	Cepat (3s)	Cepat (3s)	Sangat Cepat(2s)
	Lembab	Sangat Cepat(2s)	Sangat Cepat(2s)	Cepat (3s)	Mati (0s)	Mati (0s)
	Basah	Sangat Cepat(2s)	Sangat Cepat(2s)	Mati (0s)	Mati (0s)	Mati (0s)

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

A. Pengujian dan Analisis Fuzzy

Pengujian dari Fuzzy dibagi menjadi 3, yaitu: 1) Fuzzy 1 (dengan nilai *input* berupa kelembapan tanah dan suhu udara dengan hasil *output* durasi penyiraman), 2) Fuzzy 2 (dengan nilai *input* intensitas cahaya dan kelembapan udara yang memiliki *output* luas pembukaan atap), dan 3) pengujian koneksi pengiriman data menuju *website*. Berdasarkan hasil yang didapat, nilai *output* Fuzzy 1 memiliki *error* yang tidak begitu besar dengan rata-rata *error* keseluruhan sebesar 0,2%. Selain itu, keberhasilan pengiriman data hanya terkendala pada pengiriman pertama dimana koneksi terputus akibat

syarat pengiriman data harus memiliki durasi 5 menit setelah arduino aktif (Tabel III dan IV).

TABEL III
HASIL *OUTPUT* FUZZY 1

No	Kelembapan Tanah (%)	Suhu Udara (Celcius)	Pompa Air (Detik)	Pompa Air (Nilai Fuzzy)
1	85	-	-	-
2	84	26.7	0	3.25
3	84	26.6	0	3.21
4	83	26.7	0	4.48
5	83	26.7	0	4.48
6	83	26.7	0	4.48
7	83	26.6	0	4.47
8	83	26.5	0	4.46
9	83	26.3	0	4.44
10	82	26.4	2	5.5
11	82	26.4	2	5.5
12	82	26.5	2	5.49
13	82	26.5	2	5.49
14	82	26.5	2	5.49
15	82	26.4	2	5.5
16	82	26.2	2	5.53
17	82	26.2	2	5.53
18	82	26.1	2	5.55
19	82	26.1	2	5.55
20	82	26.1	2	5.55
Rata-rata	82.53	26.43	1.16	4.94

TABEL IV
HASIL PERHITUNGAN FUZZY 1

Perhitungan Fuzzy	Error	Connection
-	-	Not connected
3.245614	0.00135	Success
3.2142857	0.00133	Success
4.4764398	0.00079	Success
4.4764398	0.00079	Success
4.4764398	0.00079	Success
4.4680851	0.00043	Success
4.4594595	0.00012	Success
4.4413408	0.0003	Success
5.5025126	0.00046	Success
5.5025126	0.00046	Success
5.4878049	0.0004	Success
5.4878049	0.0004	Success
5.4878049	0.0004	Success
5.5025126	0.00046	Success
5.5347594	0.00086	Success
5.5347594	0.00086	Success
5.5524862	0.00045	Success
5.5524862	0.00045	Success
5.5524862	0.00045	Success
4.95	0	Success

Hasil Fuzzy 2 antara kelembapan udara dan intensitas cahaya menghasilkan *error* yang juga tidak terlalu besar yaitu 0,2% (sama dengan hasil pada Fuzzy 1). Perbedaan terjadi pada kelembapan udara yang masih stabil pada kondisi 99,99%. Hal ini terjadi akibat kelembapan udara yang sangat sulit diturunkan kadarnya namun sangat mudah ditingkatkan saat berada di ruang uji coba. Koneksi pengiriman data pada

Fuzzy 2 sama dengan Fuzzy 1(Tabel V dan VI).

keterlambatan 3 detik dan maksimal 4 detik.

TABEL V
HASIL OUTPUT FUZZY 2

No	Kelambaban Udara (%)	Intensitas Cahaya (lux)	Atap (Sudut)	Atap (Nilai Fuzzy)
1	-	225.81	-	-
2	99.9	221.15	10	14.98
3	99.9	221.15	10	14.98
4	99.9	220.39	10	14.99
5	99.9	220.39	10	14.99
6	99.9	221.15	10	14.98
7	99.9	220.39	10	14.99
8	99.9	221.15	10	14.98
9	99.9	220.39	10	14.99
10	99.9	221.15	10	14.98
11	99.9	221.91	10	14.98
12	99.9	221.15	10	14.98
13	99.9	221.15	10	14.98
14	99.9	221.15	10	14.98
15	99.9	220.39	10	14.99
16	99.9	221.15	10	14.98
17	99.9	220.39	10	14.99
18	99.9	219.64	10	14.72
19	99.9	221.15	10	14.98
20	99.9	220.39	10	14.99
Rata-rata	99.9	220.83	10	14.97

TABEL VI
HASIL PERHITUNGAN FUZZY 2

Perhitungan Fuzzy	Error	Connection
-	-	Not connected
15	0.00133333	Success
15	0.00133333	Success
15	0.00066667	Success
15	0.00066667	Success
15	0.00133333	Success
15	0.00066667	Success
15	0.00133333	Success
15	0.00066667	Success
15	0.00133333	Success
15	0.00133333	Success
15	0.00133333	Success
15	0.00133333	Success
15	0.00066667	Success
15	0.00133333	Success
15	0.00066667	Success
15	0.01866667	Success
15	0.00133333	Success
15	0.00066667	Success
15	0	Success

B. Pengujian dan Analisis IoT

Pengujian IoT bertumpu pada konektivitas antara arduino dengan *website*. Berdasarkan data yang diperoleh (Gambar 11 dan 12), koneksi menuju *website* berjalan dengan baik. Hal ini terbukti dengan terkirimnya keseluruhan data dari pembacaan sensor yang memenuhi syarat (durasi pembacaan arduino). Koneksi tersebut dapat berjalan lancar disebabkan beberapa faktor, seperti kondisi sinyal 3G dari operator GSM, kondisi kuota yang masih tercukupi dan kondisi listrik yang menyala. Meskipun demikian, masih terdapat keterlambatan dalam pengiriman data dengan dengan waktu minimal

No	Waktu	Kelambaban Tanah	Temperature Udara
72	2017-04-25 12:32:23	84.00	26.70
73	2017-04-25 12:37:27	84.00	26.60
74	2017-04-25 12:42:30	83.00	26.70
75	2017-04-25 12:47:34	83.00	26.70
76	2017-04-25 12:52:37	83.00	26.70
77	2017-04-25 12:57:41	83.00	26.60
78	2017-04-25 13:02:44	83.00	26.50
79	2017-04-25 13:07:48	83.00	26.30
80	2017-04-25 13:12:51	82.00	26.40
81	2017-04-25 13:17:55	82.00	26.40

Gambar 11. Hasil pembacaan Fuzzy 1 pada *website*

No	Waktu	Kelambaban Udara	Intensitas Cahaya
72	2017-04-25 12:32:23	99.90	221.15
73	2017-04-25 12:37:27	99.90	221.15
74	2017-04-25 12:42:30	99.90	220.39
75	2017-04-25 12:47:34	99.90	220.39
76	2017-04-25 12:52:37	99.90	221.15
77	2017-04-25 12:57:41	99.90	220.39
78	2017-04-25 13:02:44	99.90	221.15
79	2017-04-25 13:07:48	99.90	220.39
80	2017-04-25 13:12:51	99.90	221.15
81	2017-04-25 13:17:55	99.90	221.91

Gambar 12. Hasil pembacaan Fuzzy 2 pada *website*

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penilitan dan kinerja keseluruhan sistem maka, dapat disimpulkan bahwa logika Fuzzy berjalan sesuai dengan aturan yang telah dibuat. *Website* yang dibuat dapat berjalan sesuai dengan fungsinya sebagai media pemantau. Kondisi tanaman tomat dengan perawatan secara alami lebih baik daripada secara otomatis dengan rata-rata tinggi tanaman yang melalui perawatan secara manual sebesar 8,62 cm serta rata-rata tinggi tanaman melalui perawatan secara otomatis sebesar 1,92 cm. Cakupan pembacaan sensor DHT22 dan FC-28 terbatas sehingga tidak semua lingkungan dapat terbaca kondisinya. Range Fuzifikasi (*input*) yang terlalu luas mengakibatkan perubahan kondisi

lingkungan yang sedikit tidak terlalu berpengaruh terhadap *output*. Tingkat keberhasilan dari alat mencapai 98,38% meliputi uji coba Fuzzy, *website* dan sensor.

REFERENSI

- [1] Catur Wasonowati, "Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Lycopersicon Esulentum*) dengan Sistem Budidaya Hidroponik," *Jurnal Agroekoteknologi*, vol. 4, no. 1, pp. 21-27, 2011.
- [2] (2012, June) Balai Besar Pelatihan Pertanian Lembang. [Online]. www.bbpp-lembang.info
- [3] Akhmad Akbar Yudha Trisna, "Instrumen Ukur Kadar Kebutuhan Pupuk Urea pada Tanaman Jagung Menggunakan Metode Fuzzy Logic," Universitas Jember, Jember, Skripsi 2013.
- [4] Sumantri Kurniawan Risandriya. (2016, October) Rule Evaluation. Modul Pembelajaran.
- [5] Muhammad Aulia Rahman, "Studi Komparasi Beberapa Kaidah Kontrol Logika Fuzzy untuk Parkir Mobil Seri Otomatis secara Simulasi Menggunakan LabView," Unikom, Bandung, Tugas Akhir 2013.
- [6] Leo Agusman, Shuandy Wijaya, and Yakobus Ingo, "Aplikasi Logika Fuzzy untuk Analisis Tes Kepribadian," Binus University, Jakarta, Skripsi 2009.
- [7] Dias Prihatmoko, Widyawan, Selo, and Sigit Basuki Wibowo, "Pengembangan Perangkat Lunak Gateway untuk Home Automation Berbasis IQRF TR53B Menggunakan Konsep CGI," in *Seminar Nasional Sistem Informasi Indonesia*, Bali, 2013, pp. 605-611.
- [8] Mooduto Yuhefizar and Rahmat Hidayat, *Cara Mudah Membangun Website Interaktif Menggunakan Content Management System*. Jakarta, Indonesia: Elex Media Komputindo, 2009.
- [9] Susy Kusuma Wardani, "Sistem Informasi Pengolahan Data Nilai Siswa Berbasis Web pada Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) PGRI 1 Pacitan," *Indonesian Journal of Network & Security*, vol. 2, no. 4, pp. 12-19, 2013.